

# Terminių troposferos parametrų taikymas kritulių fazinės sudėties diagnozei Lietuvoje

Justinas Kilpys,

Gintautas Stankūnavičius

Vilniaus universitetas,  
M. K. Čiurlionio 21/27,  
LT-03101 Vilnius  
El. paštas: j\_kilpys@yahoo.com;  
gintas.stankunavicius@gf.vu.lt

Kilpys J., Stankūnavičius G. Terminių troposferos parametrų taikymas kritulių fazinės sudėties diagnozei Lietuvoje. *Geografija*. 2008. T. 44. Nr. 2. ISSN 1392-1096.

Tyrimas apima troposferos terminių parametrų taikymą kritulių diagnostikai. Atrinkti terminiai kriterijai ( $ST_{1000}^{500}$ ,  $ST_{1000}^{850}$ ,  $T_{925}$ ) padeda atskirti skystus kritulius nuo kietųjų. Analizė atskleidė, kad kriterijai nėra pastovūs laike ir kinta vieno sezono viduje. Didesnių teritorinių skirtumų, išskyrus pajūrį, nenustatyta. Nepasitvirtinusias kritulių diagnozes lemia specifinės cirkuliacijos sąlygos – dažniausiai labai intensyvi terminė advekcija ir sudėtingos struktūros temperatūrinės inversijos.

**Raktažodžiai:** kritulių tipas, atmosferos cirkuliacija, terminiai atmosferos rodikliai

## ĮVADAS

Kritulių fazinės sudėties, kaip ir kritulių kiekio, prognozė šaltuoju metų laiku nėra lengvas uždavinys, nes galimi įvairūs krituliai: sniegas, lietus, šlapdriba, lijundra ir t. t. Sniegas, lijundra gali pridaryti nemažai nuostolių transporto infrastruktūrai, energetikos ūkiui ir pan. Norint jų išvengti, būtina tiksliai kritulių prognozė, įvertinanti ne tik kritulių kiekį, bet ir tipą.

Labai sudėtinga prognozuoti kritulių tipą pereinamaisiais sezonais, ypač tais atvejais, kai tam tikro kritulių tipo tikimybė yra maža, o sąlygos palankios. Nelaukta iškritę kietos fazinės sudėties krituliai rudenį ir pavasarį yra didesnės rizikos reiškinys lyginant su viduržiemiu. Pirmieji tokio pobūdžio tyrimą Lietuvoje atliko G. Stankūnavičius ir E. Rimkus (1997).

Kokios fazinės sudėties krituliai (sniegas, lietus, mišrūs) pasiekia žemės paviršių, priklauso nuo specifinių atmosferos sąlygų: temperatūros ir drėgmės vertikalios pasiskirstymo, debesų kiekio ir storio, vertikalios oro judesio ir kristalizacijos branduolių pasiskirstymo (Bourgouin, 2000). Dažnai kritulių tipui nustatyti naudojami supaprastinti ribiniai hidroterminiai rodikliai, kurie padeda atskirti vienus reiškinus nuo kitų ir nereikalauja didelių laiko ir skaičiavimo išteklių: atmosferos sluoksnių storis, standartinių izobarinių paviršių temperatūros, inversinių sluoksnių aukštis ir storis. Troposferos sluoksnių storis (toliau ST) – atstumas tarp dviejų pastovaus slėgio (izobarinių) paviršių – yra vienas seniausiai ir dažniausiai naudojamų parametrų kritulių fazinei sudėčiai nustatyti. Kuo šiltesnis oras, tuo storesnis sluoksniu tarp izobarinių paviršių (Reymann et al., 1998). Sluoksniu storis ir izobarinių paviršių temperatūra, nuo XX a. vidurio naudojami kritulių tipui nustatyti, nepraranda reikšmės ir šiandieniniuose skaitmeniniuose orų modeliuose.

Šiame darbe pateikiama statistinė kritulių tipo ir troposferos terminių parametrų analizė, kuri atspindi bendrus Lietuvos te-

ritorijos regioninius ir sezoninius dėsningumus. Darbo rezultatus galima pritaikyti kritulių fazinės sudėties prognozei – pagal išvestas troposferos terminių parametrų ribines vertes lengva nustatyti kritulių tipą. Radiozondavimo duomenys, reprezentuojantys ribines terminių troposferos parametrų reikšmes, gali būti panaudoti labai trumpos trukmės orų prognozėms. Ribinės reikšmės taip pat naudotinos kritulių parametrizacijos algoritmuose skaitmeniniuose orų modeliuose.

## PANAUDOTI DUOMENYS IR METODIKA

Darbo analizei pasirinktas dešimtmetis metų laikotarpio (1997–2006 m.) šaltasis sezonas: lapkričio–kovo mėnesiai. Siekiant įvertinti kritulių fazinės sudėties ryšį su atmosferos terminiais parametrais, skirtinguose Lietuvos regionuose pasirinktos penkios meteorologinės stotys (MS): Biržų, Kauno, Klaipėdos (kranto), Varėnos ir Vilniaus.

Analizuoti tik tie atvejai, kai paros kritulių kiekis viršijo 1 mm. Visi krituliai suskirstyti į tris tipus: kieti krituliai (sniegas, sniego, ledo kruopos), skysti krituliai (lietus, lijundra, dulksna) ir mišrūs krituliai (viename laiko intervale pasitaikė ir skysti, ir kieti krituliai; šlapdriba). Šiame darbe daugiausia dėmesio skiriama tik skystiems ir kietiems krituliams. Sąlygos, kurioms susidarius iškrenta mišrūs krituliai, yra labai įvairios, todėl išskirti ribinius terminius parametrus, skiriančius šį tipą nuo skystų ar kietų kritulių, yra sudėtinga.

Standartinių izobarinių paviršių aukštis ir temperatūra paimti iš elektroninės NCEP Reanalysis 2 duomenų bazės ([http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep\\_data/](http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep_data/)) keturiems matavimo terminams per parą: 00, 06, 12, 18 val. Todėl analizuojant kritulių duomenis para taip pat padalyta į keturis intervalus:

1) 21–03 val. (priskirti 00 val. terminiai troposferos parametrai),

2) 03–09 val. (priskirti 06 val. terminiai troposferos parametrai),

3.) 09–15 val. (priskirti 12 val. terminiai troposferos parametrai),

4) 15–21 val. (priskirti 18 val. terminiai troposferos parametrai).

Suskirstius kritulius į intervalus apskaičiuotos vidutinės, minimalios bei maksimalios pasirinktų stočių koordinatų sluoksnių storio bei izobarinių paviršių temperatūrų reikšmės, būdingos kiekvienam kritulių tipui. Vidutinės storio reikšmės nustatytos  $ST_{1000}^{500}$ ,  $ST_{1000}^{850}$ ,  $ST_{1000}^{700}$ ,  $ST_{850}^{700}$ ,  $ST_{850}^{500}$ ,  $ST_{700}^{500}$  sluoksniams. Apskaičiuotos  $T_{925}$ ,  $T_{850}$ ,  $T_{700}$ ,  $T_{500}$  vidutinės bei ribinės reikšmės.

Iš analizės buvo pašalinti visi kritulių atvejai, kada virš tiriamos teritorijos buvo fiksuojami dideli santykinės topografijos ( $ST_{1000}^{500}$ ) gradientai. Esant dideliems gradientams, kritulių fazinė sudėtis gali labai greitai pasikeisti, nes atmosfera nėra stabili, galima konvekcija. Konvekcijos metu net ir didelės sluoksnio storio reikšmės negarantuoja skystos fazinės sudėties kritulių. Didelių  $ST_{1000}^{500}$  gradientų atvejai išskirti remiantis 95% procentilio riba (26 gpm / 100 km), skaičiuojant nuo visų analizuojamų atvejų. Atvejai, viršijantys šią ribą virš Lietuvos teritorijos, buvo pašalinti iš analizės.

Ribinėms reikšmėms apskaičiuoti pasirinkta metodika, kuri remiasi vieno standartinio nuokrypio nuo vidurkio reikšme (Heppner, 1992). Ribinė sluoksnio storio reikšmė ( $ST_{rib}$ ) esant kietiems krituliams:

$$ST_{rib} = \overline{ST} + \sigma; \quad (1)$$

čia  $\overline{ST}$  – vidutinė sluoksnio storio reikšmė;  $\sigma$  – standartinis nuokrypis.

Kietiems krituliams neaktuali apatinė sluoksnio storio riba, nes žemėjant temperatūrai (mažėjant sluoksnio storiui) kitų kritulių tipų tikimybė artėja link 0%. Daugeliu atvejų kietų kritulių viršutinė  $ST_{rib}$  beveik sutampa su skystų kritulių apatine ribine reikšme, kuri apskaičiuota pagal formulę:

$$ST_{rib} = \overline{ST} - \sigma. \quad (2)$$

Visų kritulių tipų gautos ribinės sluoksnio storio reikšmės suapvalintos iki artimiausių 5 gpm. Vieno standartinio nuokrypio metodas naudotas ir ribinėms kietų, skystų, ir mišrių kritulių izobarinių lygių temperatūroms apskaičiuoti. Ribinės troposferos sluoksnių temperatūros apskaičiuotos 0,1°C tikslumu. Atvejai, patenkantys į vieno standartinio nuokrypio kritinių ribų apibrėžtus intervalus, yra laikomi „normaliais“ reiškiniais statistine prasme (Heppner, 1992).

Šaltasis laikotarpis buvo suskirstytas į keturis santykinus sezonus, kurie išskirti pagal  $ST_{1000}^{500}$  paros vidurkių kreivę:

- 1) ruduo (lapkričio 1 d. – gruodžio 15 d.);
- 2) viduržiemis (gruodžio 16 d. – sausio 24 d.);
- 3) žiemos pabaiga (sausio 25 d. – kovo 5 d.);
- 4) pavasaris (nuo kovo 6 d.).

Į šį tyrimą taip pat buvo įtraukta netipinių atvejų analizė. Netipiniais laikyti tik tokie atvejai, kai pagal nustatytas ribines reikšmes buvo diagnozuoti skysti krituliai, tačiau stebėti kieti krituliai arba atvirkščiai. Tokių atvejų per 1997–2006 m. šaltuosius laikotarpius buvo išskirta 31 (0,5%). Detaliai išnagrinėti tik keturi atvejai, kai diagnozuojant kritulių tipą susidarė didžiausi skirtumai tarp diagnostinių ribinių rodiklių ir stebėtų reikšmių.

Paskutiniame skyriuje pateikiama 2005 m. gruodžio 29 d. analizė, kai visi ribiniai rodikliai atitiko skystų kritulių kriterijus, tačiau keturiose iš penkių meteorologinių stočių buvo stebėti tik kieti krituliai.

Šiame darbe apskaičiuotos ribinės reikšmės tinka įvairių kritulių tipų tikimybei nustatyti, tačiau jomis remiantis negalima prognozuoti kritulių tipo ilgą laikotarpį. Iš tiesioginių radiozondavimo duomenų galima sudaryti tik labai trumpas kritulių tipo prognozes (Bocchieri, 1980). Tačiau troposferos terminų parametru ribines reikšmes galima pritaikyti modelių išeities duomenims kiekvieną kartą, kai jie yra atnaujinami. Taikant šį metodą laikomasi nuostatos, kad modelio išeities duomenys yra teisingi, tačiau čia ir slypi problema, nes skaitmeninių modelių klaidos gali nulemti kitokį sluoksnių storį ar izobarinių paviršių temperatūrą, nei yra stebima. Daugelyje modelių neįvertinama ledo kristalų tirpsmo metu sunaudojama šiluma, taip pat šiluma, išsiskirianti jiems vėl pakartotinai užšalant. Taigi skaitmeninių modelių prognozuojama temperatūra bus atitinkamai žemesnė arba aukštesnė nei reali (Lackmann et al., 2002). Tokiu atveju, remiantis apskaičiuotomis sluoksnio storio ar temperatūros reikšmėmis, gali būti neteisingai nustatytas kritulių tipas. Skaitmeninių modelių duomenis galima naudoti (jie bus tikslūs), jei jų nuokrypis nuo realių reikšmių neviršija ribinių rodiklių paklaidų (Hux et al., 2000). Kritulių tipo prognozės tikslumas yra susijęs su kiekviena nauja skaitmeninio modelio duomenų išeitimi.

Ribinės vertės, apskaičiuotos šio tyrimo metu, gerai tinka skystiems ir kietiems krituliams atskirti, tačiau nėra labai veiksmingos nustatant mišrius kritulius. J. V. Cortinas, K. F. Brillas, M. E. Baldwinas (2002) teigia, kad nėra nė vieno algoritmo, kuris gerai tiktų visiems kritulių tipams nustatyti. Norint patikimai nustatyti įvairios fazinės sudėties kritulius, reikėtų naudoti skirtingų algoritmų ir ribinių parametru kompleksą prognozę.

## VIDUTINĖS TERMINIŲ PARAMETRŲ REIKŠMĖS, BŪDINGOS ĮVAIRIEMS KRITULIŲ TIPAMS

Nustatytos būdingos vidutinės sluoksnio storio reikšmės Lietuvos teritorijoje, esant kietiems krituliams, yra labai panašios, išsiskiria tik pajūrio regionas.  $ST_{1000}^{500}$  storis Klaipėdoje yra vidutiniškai 23 gpm (0,44%) plonesnis nei likusioje Lietuvos dalyje (1 lentelė), tačiau šis skirtumas kai kuriuose sluoksniuose (pvz.,  $ST_{1000}^{850}$ ) visiškai išnyksta.

Skystiems krituliams būdingos vidutinės sluoksnių storių reikšmės (skirtingai nei kietų kritulių) tarp įvairių Lietuvos regionų mažai skiriasi; labai nedaug, 2–4 gpm (apie 0,1%), sluoksniai yra plonesni pajūryje (1 lentelė). Panaši ir izobarinių paviršių temperatūrų padėtis: skirtumai tarp stočių tesiekia 0,3°C (2 lentelė). Skysti krituliai šaltuoju metų laiku didesnėje Lietuvos teritorijoje iškrenta esant tai pačiai sinoptinei situacijai ir panašiam vertikaliam temperatūros pasiskirstymui.

Kietiems krituliams priskiriamos vidutinės izobarinių lygių temperatūros mažai kinta Lietuvos teritorijoje. Žemiausiame analizuotame standartiniame izobariniame lygyje (925 hPa) vidutinės temperatūros skiriasi ne daugiau kaip 1,1°C (2 lentelė). Aukštesniuose lygiuose (850, 700, 500 hPa) nustatytos 1–2°C žemesnės vidutinės izobarinių paviršių temperatūros pajūryje, būdingos kietiems krituliams, nei likusioje Lietuvos teritorijoje.

1 lentelė. Kietiems ir skystiems krituliams būdingos vidutinės sluoksnio storio reikšmės (gpm). Skliausteliuose nurodytas tirtų atvejų skaičius

Table 1. Typical thickness values (gpm) for liquid and solid precipitation. Case numbers are indicated in brackets

Sluoksniai Layers	Kieti krituliai Solid precipitation					Skysti krituliai Liquid precipitation				
	Biržai (496)	Kaunas (426)	Klaipėda (369)	Varėna (629)	Vilnius (670)	Biržai (593)	Kaunas (622)	Klaipėda (879)	Varėna (596)	Vilnius (566)
ST <sub>1000</sub> <sup>500</sup>	5212	5210	5190	5218	5212	5355	5354	5351	5351	5354
ST <sub>1000</sub> <sup>850</sup>	1272	1270	1272	1275	1274	1308	1308	1309	1307	1308
ST <sub>1000</sub> <sup>700</sup>	2757	2754	2749	2762	2758	2834	2832	2833	2832	2833
ST <sub>850</sub> <sup>700</sup>	1485	1483	1477	1486	1484	1526	1524	1524	1524	1525
ST <sub>850</sub> <sup>500</sup>	3940	3940	3918	3943	3937	4046	4046	4042	4044	4046
ST <sub>700</sub> <sup>500</sup>	2455	2457	2441	2457	2453	2521	2521	2518	2520	2521

2 lentelė. Kietiems ir skystiems krituliams būdingos vidutinės izobarinių paviršių temperatūros (°C)

Table 2. Typical values of the temperature (°C) at standard isobaric surfaces for liquid and solid precipitation

Izobarinis paviršius Isobaric surfaces	Kieti krituliai Solid precipitation					Skysti krituliai Liquid precipitation				
	Biržai (496)	Kaunas (426)	Klaipėda (369)	Varėna (629)	Vilnius (670)	Biržai (593)	Kaunas (622)	Klaipėda (879)	Varėna (596)	Vilnius (566)
925 hPa	-6,4	-6,7	-6,2	-5,7	-5,9	1,0	1,1	1,4	0,8	0,9
850 hPa	-8,7	-9,2	-9,5	-8,4	-8,7	-1,4	-1,4	-1,5	-1,6	-1,5
700 hPa	-16,3	-16,4	-17,6	-16,1	-16,4	-9,5	-9,5	-9,6	-9,7	-9,5
500 hPa	-32,1	-31,7	-33,3	-31,9	-32,1	-25,8	-25,7	-26,0	-25,9	-25,8

Pajūrio regione šaltuoju metų laiku apatiniai troposferos sluoksniai yra šiltesni, o krituliai formuojasi vidurinėje troposferoje, todėl pajūryje kieti krituliai turi susidaryti žemesnėje temperatūroje, kad krisdami neištirptų. Nustatant skystus kritulius vidutinė temperatūra pajūryje 925 hPa lygyje yra aukštesnė nei kitose vietovėse. Tai visiškai atitinka klimatinį žemiausio troposferos lygio temperatūros pasiskirstymą teritorijoje.

Skirtingai nei vidutinės terminių parametrų reikšmės, minimalios ir maksimalios reikšmės stotyse nepriklauso nuo geografinės padėties Lietuvos teritorijoje (3 lentelė). Žemo slėgio zonos gali apimti visą Lietuvos teritoriją ir nulemti ypač mažas sluoksnių storių reikšmes visuose regionuose. Visoje Lietuvos teritorijoje pačios mažiausios kietų kritulių ST<sub>1000</sub><sup>500</sup> storio reikšmės (4961–4969 gpm) nagrinėjamu laikotarpiu užfiksuotos 1998 m. sausio 31 d. (orus Rytų Baltijos valstybėse lėmė ciklonas, kurio centras buvo Estijoje; slėgis centre – 990 hPa). Maksimalios temperatūros taip pat labiau priklauso nuo sinoptinės situacijos

3 lentelė. Vidutinės minimalios ir maksimalios ST<sub>1000</sub><sup>500</sup>, ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> storio (gpm) ir T<sub>925</sub> (°C) reikšmės esant skirtingiems kritulių tipams

Table 3. Average minimal and maximal values of ST<sub>1000</sub><sup>500</sup>, ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> thickness (gpm) and T<sub>925</sub> temperature identified for liquid and solid precipitation types

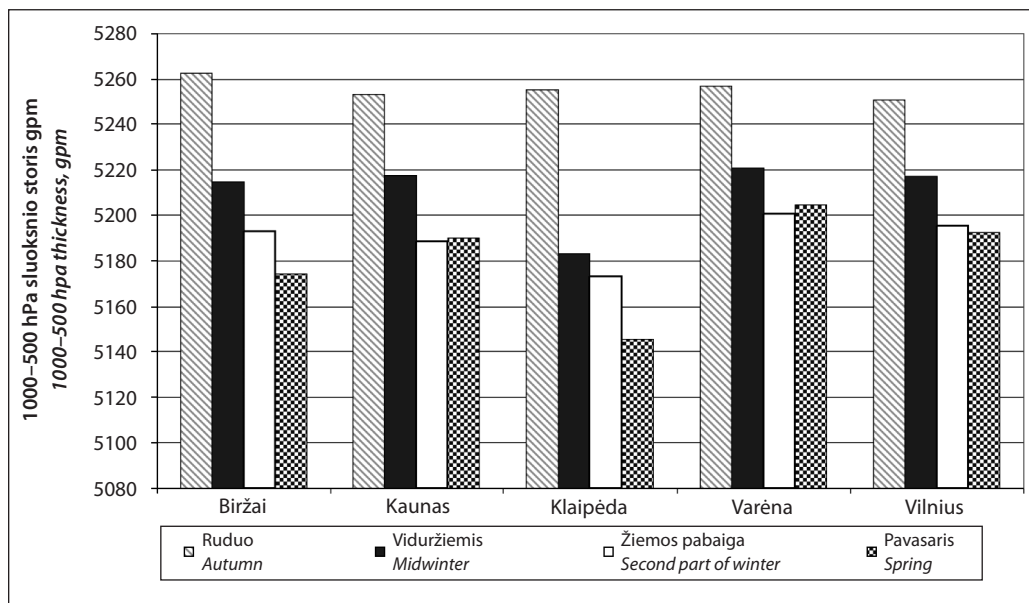
Kritulių tipas Precipitation type	ST <sub>1000</sub> <sup>500</sup>		ST <sub>1000</sub> <sup>850</sup>		T <sub>925</sub>	
	min	max	min	max	min	max
Kieti Solid	4963	5397	1226	1309	-16,1	0,4
Skysti Liquid	5173	5572	1271	1355	-6,5	10,6

nei nuo geografinės matavimų stoties padėties. Iškritus sniegui Lietuvoje, maksimali T<sub>925</sub> yra 0–1°C, o 99,6% visų kietų kritulių iškrinta, kai T<sub>925</sub> yra žemesnė nei 0°C.

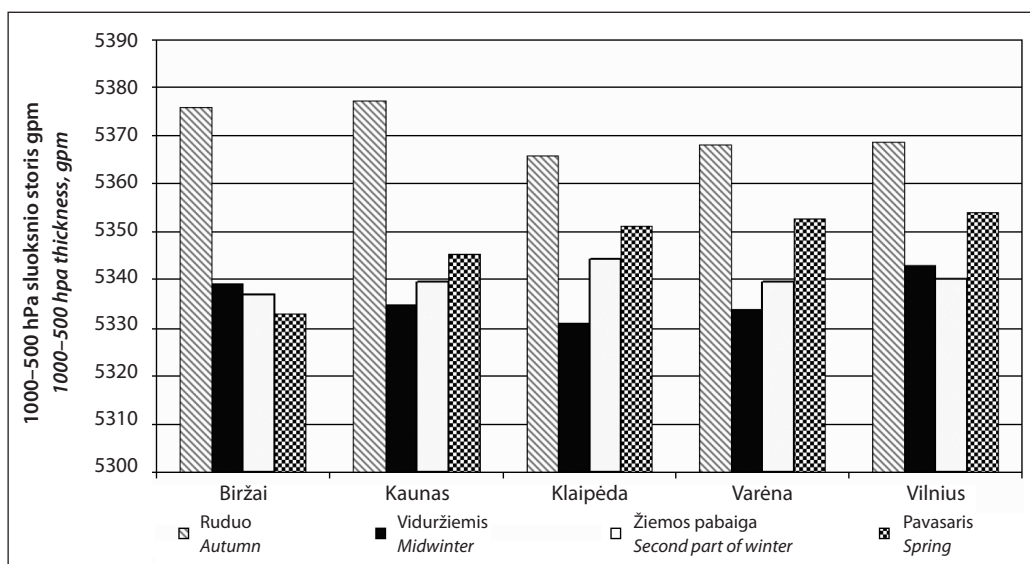
## SEZONINIS TERMINIŲ PARAMETRŲ PASISKIRSTYMAS

Vidutinės sluoksnio storio reikšmės nėra pastovios laike, jos priklauso nuo vyraujančių sinoptinių darinių ir temperatūros. Kietiems krituliams priskiriamas sluoksnio storis rudenį būna didžiausias, vėliau staigiai mažėja ir minimalias reikšmes pasiekia žiemos pabaigoje arba pavasarį (1 pav.). Žemiausios reikšmės užfiksuotos žiemos pabaigoje: tuomet paklotinis paviršius yra labiausiai atvėšęs, o temperatūra troposferoje būna minimali. Tokios tarpsezoniškos kaitos dėsniumai akivaizdžiausi Klaipėdoje ir Biržuose, ne tokie ryškūs – Varėnoje.

Rudenį vyrauja skysti krituliai, o žiemą lietaus tikimybė labai sumažėja. Taigi skystiems krituliams būdingos vidutinės sluoksnio storio reikšmės yra maksimalios rudenį, viduržiemį jos staiga sumažėja ir vėl išauga žiemos pabaigoje bei ankstyvą pavasarį (2 pav.). Pavasarį keičiasi bendroji atmosferos cirkuliacija, pradeda augti izobarinių paviršių temperatūros reikšmės, todėl sluoksnis storėja. Šiuo dėsniumu nepasižymi Biržų stotis – čia pavasario link storis mažėja. Paprastai šaltuoju metų laiku slėgis jūros lygyje ir vidurinės troposferos izobarinių paviršių aukščiai mažėja iš pietų į šiaurę ar šiaurės vakarus. Didžiausias vidutinių reikšmių skirtumas tarp stočių ankstyvą pavasarį siekia tik 16 gpm ir neturi lemiamos reikšmės kritulių tipui.



1 pav. Kietiems krituliams būdingas vidutinis  $ST_{1000}^{500}$  storis įvairiais šalčio sezono laikotarpiais skirtinguose regionuose  
 Fig. 1. Intraseasonal variations of typical cold season  $ST_{1000}^{500}$  thickness values of for solid precipitation in different parts of the region



2 pav. Skystiems krituliams būdingas vidutinis  $ST_{1000}^{500}$  storis įvairiais šalčio sezono laikotarpiais skirtinguose regionuose  
 Fig. 2. Intraseasonal variations of typical cold season  $ST_{1000}^{500}$  thickness values of liquid precipitation in different parts of the region

## SLUOKSNIO STORIO RIBINĖS REIKŠMĖS ESANT KIETIEMS IR SKYSTIEMS KRITULIAMS

Kritinė riba, skirianti sniegą ir lietų, priklauso nuo vietovės absoliutaus aukščio ir atstumo nuo jūros, todėl skirtingiems regionams būdingos nevienodos ribinės sluoksnių storių reikšmės. Ilgą laiką vienu pagrindinių parametru buvo laikomas  $ST_{1000}^{500}$  storis, tačiau vėliau nustatė, kad dauguma procesų vyksta apatinėje troposferos dalyje, pagrindiniais kritiniais rodikliais tapo  $ST_{1000}^{700}$ ,  $ST_{1000}^{850}$  storiai (Hux et al., 2000).

Vieno standartinio nuokrypio metodu apskaičiuotos ribinės sluoksnių storių reikšmės pateiktos 4–5 lentelėse. Pajūryje šios reikšmės yra žemesnės (5–10 gpm) nei likusioje dalyje.

Kai kurios ribinės sluoksnių storio reikšmės skystiems ir kietiems krituliams persidengia, nes neįmanoma tiksliai apibrėžti ribas – tai priklauso nuo konkrečios sinoptinės situacijos ir vietinių sąlygų (Reymann et al., 1998). Kai kuriose vietovėse žiemą slėgis prie žemės paviršiaus dažnai yra žemesnis nei 1000 hPa, todėl kai kurie sluoksnių storiai yra dirbtiniai (pvz.:  $ST_{1000}^{500}$ ,  $ST_{1000}^{700}$ ), ir tai mažina jų, kaip kritinių parametru, patikimumą (Cortinas, Brill, Baldwin, 2000).

Apskaičiuotos ribinės sluoksnių reikšmės buvo patikrintos pagal turimus 1997–2006 m. kritulių duomenis. Gauti rezultatai pateikiami 5 lentelėje.

Apskaičiuotos sluoksnių storių ribos geriausiai patvirtino nustatant skystus kritulius. Geriausi rezultatai gauti nau-

4 lentelė. Ribinės sluoksnio storio reikšmės (gpm), skiriančios kietos ir skystos fazės kritulius Lietuvos teritorijoje (išskyrus pajūrį)

Table 4. Critical thickness values (gpm) for the identification of liquid and solid precipitation over Lithuanian territory (except coastal region)

Kritulių tipas <i>Precipitation type</i>	Sluoksniai / Layers					
	ST <sub>1000</sub> <sup>500</sup>	ST <sub>1000</sub> <sup>850</sup>	ST <sub>1000</sub> <sup>700</sup>	ST <sub>850</sub> <sup>700</sup>	ST <sub>850</sub> <sup>500</sup>	ST <sub>700</sub> <sup>500</sup>
Kieti / Solid	< 5285	< 1285	< 2790	< 1505	< 4005	< 2500
Skysti / Liquid	> 5285	> 1295	> 2800	> 1505	> 3985	> 2480

5 lentelė. Ribinėmis sluoksnio storio reikšmėmis paaiškinama kritulių tipo variacijos dalis (%)

Table 5. Explainable variance (%) of critical thickness values for the identification of liquid and solid precipitation

Kritulių tipas <i>Precipitation type</i>	Sluoksniai / Layers					
	ST <sub>1000</sub> <sup>500</sup>	ST <sub>1000</sub> <sup>850</sup>	ST <sub>1000</sub> <sup>700</sup>	ST <sub>850</sub> <sup>700</sup>	ST <sub>850</sub> <sup>500</sup>	ST <sub>700</sub> <sup>500</sup>
Kieti / Solid	82	84	79	81	82	78
Skysti / Liquid	82	85	86	82	81	82

dojant ST<sub>1000</sub><sup>500</sup>, ST<sub>1000</sub><sup>700</sup> ir ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> hPa sluoksnių parametrus. ST<sub>1000</sub><sup>500</sup> sluoksnis apima didžiąją dalį troposferos, todėl gerai atspindi vidutines jos sąlygas. ST<sub>1000</sub><sup>700</sup> ir ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> apibūdina apatinės troposferos būvį ir paribio sluoksnio sąlygas (ypač ST<sub>1000</sub><sup>850</sup>). Lietuvoje ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> sluoksnio kritinė riba skystiems krituliams – 1295 gpm. Jei reikšmės mažesnės, žemės paviršių greičiausiai pasieks kieti krituliai.

Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje (LHMT) ilgą laiką kritulių tipas buvo nustatomas pagal A. Buzo metodiką, kuri paremta kritulių tipo priklausomybe nuo priežeminės temperatūros ( $T_z$ ),  $T_{850}$  ir ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> storio (Upravlenije..., 1976). Pagal šią metodiką, kai ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> < 1280 hPa, krituliai būna tik kietos fazės (sniegas), kai ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> > 1320 hPa, krituliai būna tik skysti. ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> storio 1280–1320 hPa intervale gali iškristi bet kokio tipo krituliai. Naudojantis sudaryta nomograma, pagal  $T_z$  ir ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> galima lengvai atskirti įvairių tipų kritulius. Kai temperatūra prie žemės paviršiaus artima 0°C, o ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> storis svyruoja 1300–1310 hPa ribose, kritulių fazinę sudėtį patikslina kita nomograma, kurioje yra  $T_z$  ir  $T_{850}$ .

Norint tiksliai nustatyti kritulių tipą, reikėtų naudoti ribinių parametrų kompleksą, kuris apibūdintų tiek vidutinės troposferos, tiek atskirų sluoksnių sąlygas. Geriausiai tiktų ST<sub>1000</sub><sup>500</sup> ir ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> parametrų kompleksas. Integruojant ST<sub>1000</sub><sup>500</sup> sluoksnyje susiniveliuoja anomalūs vertikalūs temperatūros gradientai, o ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> svarbus tuo, kad 850 hPa lygis fiksuoja advekcinius temperatūros pokyčius. Panašias kritinių parametrų poras – ST<sub>850</sub><sup>500</sup> ir ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> – sniegui ir liundrai atskirti siūlo naudoti J. R. Bocchieri ir G. J. Maglaras (1983). K. K. Keeter, J. W. Cline (1991) siūlo naudoti ST<sub>1000</sub><sup>700</sup> sluoksnį sniegui ir lietuvi atskirti, o ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> ir ST<sub>850</sub><sup>700</sup> – nustatyti liundrai.

Sudėtingiausia situacija yra tuomet, kai įvairaus troposferos sluoksnių storio ribinės vertės nurodo skirtingą kritulių tipą. Susidaręs šiltas inversinis sluoksnis vidurinėje troposferoje nulems tai, kad, tarkim, ST<sub>850</sub><sup>700</sup> bus storas ir indikuos liūtį, o

žemiau esantis ST<sub>1000</sub><sup>850</sup> bus šaltas ir indikuos sniegą. Tokiu atveju greičiausiai susidarys liundra, tačiau sinoptikas turėtų įvertinti ir kitus veiksnius: paklotinio paviršiaus temperatūrą, slaptosios šilumos išsiskyrimą ir t. t. (Melwin, 2006).

Jau minėtų sluoksnių storių kritines ribas patogiu naudoti nustatant skystų arba kietų kritulių tikimybę. Norint patikslinti kritulių tipą (pvz., liundrą, šlapdribą) reikėtų įvertinti kitus troposferos parametrus: inversinius sluoksnius, jų storių ir pan. (Reymann et al., 1998). Šiame darbe apsiribojama sluoksnio storių ir standartinių izobarinių lygių temperatūra kaip pagrindiniais troposferos terminiais parametrais.

## STANDARTINIŲ IZOBARINIŲ PAVIRŠIŲ RIBINĖS TEMPERATŪROS

Ribinės izobarinių paviršių temperatūros, skiriančios įvairios fazinės sudėties kritulius, apskaičiuotos pagal tą pačią metodiką kaip ir sluoksnio storis. Gautos ribinės vertės visuose Lietuvos regionuose yra panašios (6 lentelė) ir, skirtingai nei ribinės sluoksnio storio reikšmės, nėra suskaidytos į pajūrį ir likusią teritorijos dalį.

Apskaičiuoti kritiniai parametrai visose stotyse patikrinti naudojant turimus 1997–2006 m. kritulių duomenis. Šeštoje lentelėje pateikta, kaip pasitvirtino skirtingų izobarinių lygių ribinės temperatūros diagnozuojant kritulių tipą. Nustatant kritulių fazinę sudėtį pagal ribines temperatūras, pasiekta geresnių rezultatų, nei naudojant sluoksnių storių ribines vertes.

Kritulių tipas gali pasikeisti gana greitai, ypač kai tam tikrų sluoksnių temperatūra svyruoja apie 0°C (Lackmann et al., 2002). Todėl būtina pasirinkti šiuos pasikeitimus fiksuojančius parametrus. Geriausiai kritulių tipui nustatyti tinka  $T_{925}$  ribinės vertės: diagnozuojant kietus ir skystus kritulius jos pasitvirtina 85–87%. Kritulių tipas labiausiai priklauso nuo paribio sluoksnio sąlygų ir apatinės inversijos ribos (Gay, Davis, 1993).

6 lentelė. Ribinės izobarinių lygių temperatūros (°C), skiriančios įvairios fazinės sudėties kritulius, ir jų paaiškinama kritulių tipo variacijos dalis (%)

Table 6. Explainable variance (%) of critical temperature values (°C) for liquid and solid precipitation types

Kritulių tipas <i>Precipitation type</i>	$T_{925}$		$T_{850}$		$T_{700}$		$T_{500}$	
Kieti / Solid	< -3,3	85 %	< -5,5	83 %	< -12,1	82 %	< -27,2	83 %
Skysti / Liquid	> -1,7	87 %	> -4,8	84 %	> -13,4	82 %	> -30,4	82 %

Aukštesnių sluoksnių terminiai parametrai nėra informatyvūs galimų priežeminių inversijų ar susiformavusių šalto oro baseinų atvejais, todėl geriausiai kritulių fazinę būseną nusako apatinių standartinių lygių (925 hPa, 850 hPa) ribinės temperatūros.

Izobarinio paviršiaus temperatūra gali būti naudojama kaip vienintelis rodiklis, skiriantis sniegą nuo lietaus. Hux et al. (2000) savo darbe sniego ir lietaus krituliams atskirti naudojo 850 hPa lygio temperatūrą ( $T_{850} < 0^{\circ}\text{C}$  – sniegas,  $T_{850} > 0^{\circ}\text{C}$  – lietus). Lietuvoje galima naudoti 925 hPa izobarinio lygio temperatūrą: kai  $T_{925} < -3,3^{\circ}\text{C}$ , iškris sniegas, kai  $T_{925} > -1,7^{\circ}\text{C}$  – lietus.

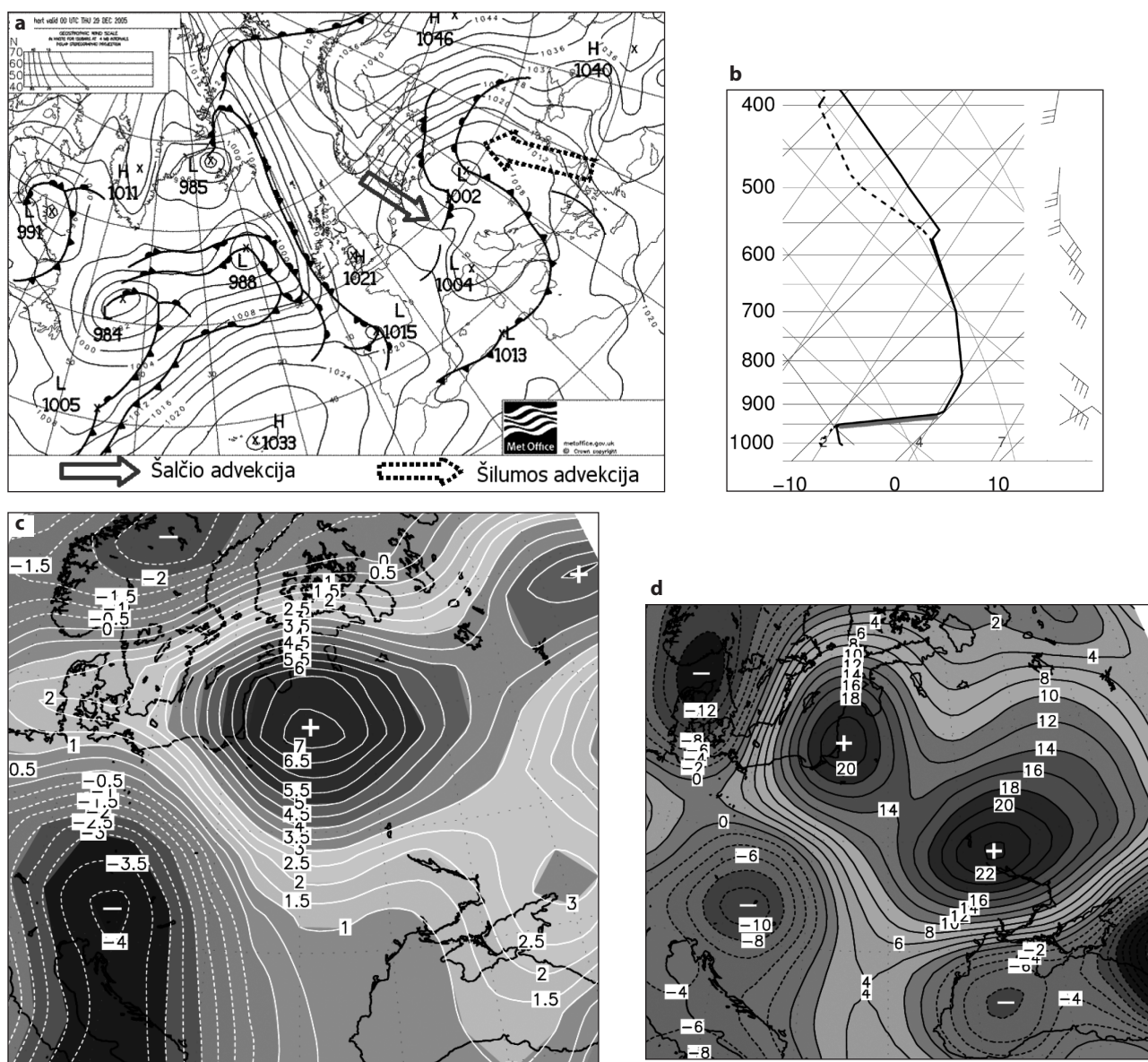
Apibendrinant apskaičiuotus ribinius troposferos terminius parametrus, galima teigti, kad geriausiai kritulių fazinei sudėčiai nustatyti tinka  $ST_{1000}^{500}$  ir  $ST_{1000}^{850}$  storis bei  $T_{925}$ . Naudojant šių rodiklių kompleksą paaiškinama 82% kietų kritulių ir 87% skystų kritulių variacijų. Jei pagal pasirinktus kritinius parametrus

nustatomi skirtingi kritulių tipai, reikėtų detaliau išanalizuoti sinoptinę situaciją ir sąlygas virš konkrečios vietovės, o tada priimti galutinį sprendimą (Glahn, Lowry, 1976).

### NETIPINIO ATVEJO ANALIZĖ

Naudojant šiame darbe apskaičiuotus ribines terminių troposferos parametrų reikšmes, 2005 m. gruodžio 29 d. 00 val. visose nagrinėjamose stovyse buvo diagnozuoti skysti krituliai, tačiau Kaune, Klaipėdoje, Vilniuje, Varėnoje iškrito sniegas. Ribiniai rodikliai pasitvirtino tik Biržuose – ten užfiksuota lijundra. Šiame skyrelyje nagrinėjamos tokios neteisingos diagnozės priežastys.

Gruodžio 28 d. orus Europoje lėmė pietinis ciklonas, kurio centras (slėgis centre – 1000 hPa) buvo Italijoje, bei anticiklonas,



3 pav. 2005 12 29 00 val. GL situacija: a – sinoptinė analizė iš UKMO; b – oro temperatūros ir rasos taško temperatūros profilis Kauno radiozondavimo duomenimis (paimta iš JAV Wyomingo universiteto Atmosferos mokslų fakulteto duomenų bazės); c – oro temperatūros pokytis 850 hPa lygyje per paskutines 12 valandų ( $\Delta T / 12 \text{ h}$ ); d – šilumos advekcija 925 hPa lygyje ( $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ )

Fig. 3. Synoptic situation and atmospheric circulation analysis for 00 UTC 29 December 2005: a – synoptic analysis from UK Met office; b – air and dew point temperature profiles at Kaunas station (data from Wyoming University database); c – change in temperature at 850 hPa level ( $\Delta T / 12 \text{ h}$ ) and d – temperature advection at 925 hPa level ( $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ )

kurio centras buvo Rusijoje (slėgis centre – 1035 hPa). Anticiklono gūbrys nusitęsė per visą Skandinaviją. Lietuvoje oro srautai buvo nukreipti iš rytų, o 500 hPa lygyje per Lietuvą nuo Prancūzijos tęsėsi aukštuminio slėnio ašis.

LHMT gruodžio 29 d. nakties prognozė buvo tokia: nuo Viduržemio jūros į šiaurę slenkantis ciklonas į Lietuvą atneš staigų orų atšilimą su lijundromis ir rūkais. Naktis apsiniaukusi. Sniegas, rytą pereinantis į šlapdribą, vietomis smarkią. Kai kur lijundra, plikledis, trumpa pūga. Vėjas šiaurės rytų, rytų 7–12 m/s, kai kur gūsiai – 15–18 m/s. Žemiausia temperatūra – –4–9°C.

Gruodžio 29 d. 00 val. ciklono centras atkeliavo į Pietų Lenkiją, Lietuvoje dar labiau sustiprėjo rytų vėjai. 850 hPa lygyje prasidėjo teigiamos temperatūros advekcija į rytinę šalies dalį. Temperatūros pokytis 850 hPa paviršiuje per 12 val. siekė 6–7°C. Šilumos advekcija 925 hPa lygyje 00 val. siekė  $20 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/s}$  vakarinėje šalies dalyje ir  $16\text{--}18 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C/s}$  Rytų Lietuvoje. Kauno radiozondavimo stoties duomenimis, 500–780 m aukštyje buvo susidariusi stipri inversija – 7,6°C / 280 m (3 pav.). Temperatūra prie žemės paviršiaus 00 val. Birzuose buvo –9,4°C; Kaune –6,5°C; Klaipėdoje –8,3°C; Varėnoje –4,8°C; Vilniuje –6,4°C. Oras iki 575 hPa buvo prisotintas drėgmės (RH = 100%). Tokiomis sąlygomis Klaipėdoje, Varėnoje ir Kaune iškrito sniegas, nors daugelis ribinių rodiklių (tiek sluoksnio storio, tiek temperatūros) prognozavo skystus kritulius. Birzuose iškrito skysti krituliai (lijundra) – ribiniai rodikliai pasiteisino. Vilniuje buvo mišrus krituliai (sniegas, lijundra), bet pagal ribines vertes turėjo būti lietus. Teigiama temperatūros advekcija 925 hPa ir 850 hPa lygiuose nulėmė aukštą sluoksnio storio reikšmes ir izobarinių paviršių temperatūras, tačiau paribio sluoksnis išliko labai šaltas. Tai ir buvo svarbiausia priežastis, kodėl daugelyje stočių iškrito sniegas, o ne lietus – krituliai paribio sluoksnyje, net jei aukščiau ir buvo skysti, galėjo vėl užšalti. Gruodžio 30 d. pietinio ciklono centras atsidūrė ties Danija, o anticiklono centras – prie Kaspijos jūros. Rytinius vėjus Lietuvoje pakeitė pietiniai, teigiamą temperatūros advekciją 850 hPa lygyje pakeitė silpna neigiama. Didesnių kritulių nebuvo.

Išnagrinėta ir daugiau atvejų, kai ribiniai troposferos terminiai parametrai, nustatant kritulių tipą, nepasiteisino. Dažniausia pagrindinė priežastis – intensyvi teigiama arba neigiama temperatūros advekcija 925 hPa ir 850 hPa lygiuose. Kritulių tipą tokiais atvejais nulemdavo priežeminio sluoksnio temperatūra: jei ji buvo teigiama, iškrisdavo skysti krituliai, jei neigiama – kieti krituliai. Todėl norint teisingai nustatyti kritulių tipą visais atvejais, reikėtų atsižvelgti į oro temperatūrą arti žemės paviršiaus.

## IŠVADOS

1.  $ST_{1000}^{500}$  sluoksnio storio, kaip kritulių tipo rodiklio, reikšmės Lietuvos teritorijoje pasiskirsčiusios netolygiai. Pajūryje kietus kritulius reprezentuojantis  $ST_{1000}^{500}$  sluoksnio storis yra vidutiniškai 23 gpm plonesnis negu likusioje dalyje. Skystus kritulius indikuojantis vidutinis  $ST_{1000}^{500}$  sluoksnio storis yra pastovus visoje teritorijoje.

2. Sluoksnio storis ir izobarinių paviršių temperatūra, priskiriama skirtingiems kritulių tipams, nėra pastovūs laike ir priklauso nuo kritulių iškritimo datos. Kietiems krituliams

priskiriamas sluoksnio storis didžiausias būna rudenį, o viduržiemį – žiemos pabaigoje palaipsniui plonėja ir ankstyvą pavasarį tampa minimalus. Skystiems krituliams būdingas sluoksnio storis didžiausias taip pat rudenį, viduržiemį tampa minimalus, tačiau žiemos pabaigoje ir pavasario pradžioje vėl ima didėti.

3. Geriausiai kritulių tipą reprezentuoja  $ST_{1000}^{500}$  bei  $ST_{1000}^{850}$  sluoksnio storio rodikliai; jie pasiteisina atitinkamai 82% ir 85% atvejų atskiriant skystus ir kietus kritulius. Didžiausia kietų kritulių tikimybė, kai sluoksnio storio reikšmės atitinka tokias sąlygas:  $ST_{1000}^{500} < 5285 \text{ gpm}$  ir  $ST_{1000}^{850} < 1285 \text{ gpm}$ ; skystų kritulių –  $ST_{1000}^{500} > 5285 \text{ gpm}$ ,  $ST_{1000}^{850} > 1295 \text{ gpm}$ .

4. 925 hPa izobarinio lygio temperatūra ( $T_{925}$ ) nustatyta kaip geriausias skirtingos fazinės sudėties kritulių identifikatorius iš visų temperatūrinių rodiklių.  $T_{925}$  diagnozuojant skystus kritulius pasiteisino iki 87% atvejų. Didžiausia skystų kritulių tikimybė, kai  $T_{925} > -1,7^\circ\text{C}$ , kietų kritulių –  $T_{925} < -3,3^\circ\text{C}$ .

5. Iš visų kritulių tipų skysti krituliai geriausiai diagnozuojami taikant sluoksnio storio ir izobarinių lygių temperatūrų rodiklius. Skystus kritulius identifikuojantys rodikliai pasitvirtino 81–87%, kietus kritulius – 78–85% atvejų.

6. Diagnozuojant kritulių tipą ribiniai terminiai parametrai dažniausiai nepasitvirtina, kai vidurinėje ir apatinėje troposferoje vyksta intensyvi temperatūros advekcija. Tokiais atvejais izobarinių paviršių temperatūra staiga pakyla (nukrinta), kartu padidėja (sumažėja) sluoksnių storis. Tuomet kritulių fazinę sudėtį nulemia žemesnių sluoksnių (< 925 hPa) hidroterminės sąlygos.

Gauta 2008 10 02

Parengta 2008 10 13

## Literatūra

1. Bocchieri J. R. (1979). A new operational system for forecasting precipitation type. *Monthly Weather Review*. 107: 637–649.
2. Bocchieri J. R. (1980). The objective use of upper air soundings to specify precipitation type. *Monthly Weather Review*. 108: 596–603.
3. Bocchieri J. R., Glahn H. R. (1975). Objective estimation of the conditional probability of frozen precipitation. *Monthly Weather Review*. 103: 3–15.
4. Bocchieri J. R., Glahn H. R. (1976). Verification and further development of an operational model for forecasting the probability of frozen precipitation. *Monthly Weather Review*. 104: 691–701.
5. Bocchieri J. R., Maglaras G. J. (1983). An improved operational system for forecasting precipitation type. *Monthly Weather Review*. 111: 405–419.
6. Bourgouin P. (2000). A method to determine precipitation types. *Weather and Forecasting*. 15: 583–592.
7. Czys R. R. et al. (1996). A physically based, nondimensional parameter for discriminating between locations of freezing rain and ice pellets. *Weather and Forecasting*. 11: 591–598.
8. Cortinas J. V., Brill K. F., Baldwin M. E. (2000). Creation, evaluation and implementation of a precipitation-type forecasting system. *COMET program*.

9. Gay D. A., Davis R. E. (1993). Freezing rain and sleet climatology of the southeastern USA. *Climate Res.* 3: 209–220.
10. Glahn H. R., Lowry D. A. (1976). An operational model for forecasting probability of precipitation – PEATMOS PoP. *Monthly Weather Review.* 104: 221–232.
11. Heppner P. O. G. (1992). Snow versus rain: looking beyond the “magic” numbers. *Weather and Forecasting.* 7: 683–691.
12. Hux J. D. et al. (2000). Development of a discriminant analysis mixed precipitation (DAMP) forecast model for Mid-Atlantic winter storms. *Weather and Forecasting.* 16: 248–259.
13. Kain J. S., Goss S. M., Baldwin M. E. (2000). The melting effect as a factor in precipitation-type forecasting. *Weather and Forecasting.* 15: 700–714.
14. Kanamitsu M. et al. (2002). NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bulletin of the American Meteorological Society.* 1631–1643.
15. Keeter K. K., Cline J. W. (1991). The objective use of observed and forecast thickness values to precipitation type in North Carolina. *Weather and Forecasting.* 6: 456–469.
16. Lackmann G. M. et al. (2002). Model representation of freezing and melting precipitation: implications for winter weather forecasting. *Weather and Forecasting.* 17: 1016–1033.
17. Melwin A. (2006). Winter weather forecasting. *Oklahoma Climate (Winter 2005–2006).* 26–29.
18. Radinovic D. (1975). An analogue method for weather forecasting using the 500/1000 mb relative topography. *Monthly Weather Review.* 103: 639–649.
19. Reymann M. et al. (1998). *Meteorological Techniques.* Air Force Weather Agency (AFWA). 242.
20. Stankūnavičius G., Rimkus E. (1997). Pirmas ir paskutinis sniegas Lietuvoje šaltojo sezono metu. *Geografijos metraštis.* 31: 34–45.
21. Stewart R. E. (1992). Precipitation types in the transition region of winter storms. *Bulletin of the American Meteorological Society.* 73: 48–51.
22. Theriault J., Stewart R. E. (2007). On the effects of vertical air velocity on winter precipitation types. *Natural Hazards and Earth System Sciences.* 7: 231–242.
23. *Опасные и особо опасные явления погоды* (1976). Вильнюс: Управление гидрометеорологической службы Литовской ССР. 54.
24. Zerr R. J. (1997). Freezing rain: an observational and theoretical study. *Journal of Applied Meteorology.* 36: 1647–1660.

Justinas Kilpys, Gintautas Stankūnavičius

## DIAGNOSIS OF PRECIPITATION TYPE IN LITHUANIA BASED ON THE THERMAL PARAMETERS OF THE TROPOSPHERE

### Summary

The type and character of precipitation reaching earth's surface mainly depend on the thermodynamic state of the troposphere. Numerous thermal parameters are used to determine precipitation type, among them the depth of the thermal layer, freezing height, inversion levels, critical temperatures of isobaric surfaces, etc. The study focuses on relations between thickness and temperature parameters above the canopy layer and the precipitation type.

The study period covers 1997–2006 cold seasons (November–March). The parameters used in the study are: 1000–500 hPa integrated thickness ( $ST_{1000}^{500}$ ) and partial thickness  $ST_{1000}^{850}$ ,  $ST_{850}^{700}$ ,  $ST_{850}^{500}$ ,  $ST_{700}^{500}$ ; also 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa level temperature ( $T_{925}$ ,  $T_{850}$ ,  $T_{700}$ ,  $T_{500}$ ). Precipitation type data for Lithuanian territory were compiled using the network of the National Weather Board (LHMT) first-order stations (Biržai, Kaunas, Klaipėda, Varėna, and Vilnius). Free atmosphere data were obtained from NCEP Reanalysis 2 database ([http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep\\_data/](http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep_data/)) and the Kaunas radiosounding station. The threshold values of the thermal parameters were calculated using one standard deviation (SD) statistical model. If the derived thickness or temperature fall into the  $\pm SD$  interval, then the value is classified as varying around “normal” (“normal” pertains to statistical representation) (Heppner, 1992). All precipitation types were grouped into three categories: snow (snow, ice pellets), rain (rain, drizzle) and winter mix (snow with rain, sleet).

The first part of the paper presents typical values of thickness and temperature for different precipitation types and their spatial and temporal variability. Integrated thickness ( $ST_{1000}^{500}$ ) near the coastline seems to be always about 23 gpm thinner for snow pattern than in the rest of Lithuania. For rain,  $ST_{1000}^{500}$  appears to be almost constant in the whole territory. However, thickness parameters show a large spatial and temporal variation. The mean values of integrated thickness related to snow type patterns are highest in late autumn, later they start to drop and in early spring reach the lowest values. There is no such seasonal trend for rain patterns: thickness values are also highest in late autumn, but in mid-winter they become minimal, while at the end of winter again begin to rise. A similar trend was observed for typical temperatures at the standard layers.

The threshold values of the thermal parameters are presented in the second part of the paper. These values should be used in the diagnosis of precipitation type. The best indices in the diagnosis appear to be  $ST_{1000}^{500}$  and  $ST_{1000}^{850}$ . These parameters indicate the correct number of precipitation type events in 82% of show cases and in 85% of rain cases. Snow is most likely to occur when  $ST_{1000}^{500} < 5285$  gpm and  $ST_{1000}^{850} < 1285$  gpm, while rain is most probable at  $ST_{1000}^{500} > 5285$  gpm and  $ST_{1000}^{850} > 1295$  gpm. The best temperature indices appear to be at the 925 hPa level ( $T_{925}$ ). Rain was diagnosed correctly in 87% and snow in 85% of cases. Also, rain appears to be most probable when  $T_{925} > -1.7$  °C and snow when  $T_{925} < -3.3$  °C.

Rain was diagnosed best of all precipitation categories. It was correctly diagnosed in 81–87% of cases and snow in 78–85% of cases in different regions of Lithuania. The threshold values explains the largest portion of precipitation type variance in Kaunas, while the least portion falls to the coastal region.



In most cases, the critical thermal indices were incorrect in determining the precipitation type when an intensive positive (negative) temperature advection in the middle and lower troposphere was observed. Such situations induce a significant increase (decrease) of temperatures at standard levels and make thicker (thinner) layers in the lower part of the troposphere. The main contributor to the incorrect diagnostics of precipitation type was boundary layer parameters (temperature inversions, humidity layers, etc.)

The thermal indices developed in the present study for the Lithuanian territory seem to be useful in the short and very short range precipitation type forecasts. Also, they could be introduced into numerical weather model precipitation algorithms. Finally, these diagnostic tools allow improving precipitation type forecasts and saving the computational time.